

Universidad de Chile

Facultad de Medicina
Escuela de Kinesiología

“Comparación entre dos métodos de medición de cambios de composición inducidos por el ejercicio con pesas en un segmento corporal, en estudiantes universitarios”

David Espinoza Dueik.

Director de Tesis: Dr. Enrique Jaimovich P. Patrocinante de Tesis: Sylvia Ortiz Z.
Tesis Entregada a la UNIVERSIDAD DE CHILE En cumplimiento parcial de los requisitos Para optar
al grado de LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA

2003

Informe de aprobación . .	1
..	3
Agradecimientos .	5
Resumen .	7
Abstract . .	9
Introducción .	11
Marco teórico .	13
Hipertrofia Muscular . .	13
Variables que inciden en la hipertrofia muscular .	14
Respuesta Hormonal . .	14
Ingesta proteica . .	14
Respuesta del sistema nervioso .	14
Edad .	14
Técnicas de entrenamiento con pesas para producir hipertrofia .	15
Medición de RM .	15
Implementos usados . .	15
Tipo de contracción muscular requerida para producir hipertrofia .	15
Composición corporal .	16
Planteamiento del problema .	19
Justificación .	19
Pregunta de investigación .	19
Objetivos generales .	21
Objetivos específicos . .	21
Variables del estudio .	23
Variables desconcertantes . .	23
Operacionalización conceptual y operacional de las variables . .	25
Hipótesis de trabajo . .	29

Metodología .	31
1.1. Método .	31
1.2. Universo y muestra .	31
1.3. Elección del lugar para el estudio .	32
1.4. Análisis estadístico .	32
Material .	33
Resultados .	39
Gráficos .	40
Discusión .	51
Conclusión .	53
Proyecciones .	55
Bibliografía .	57
Revistas .	57
Otros .	59
Anexos . .	61
Apéndice .	65
N°1 «Acta de aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Chile» . .	65
N °2 “ Esquema general que resume el protocolo de la investigación en semanas” .	65
N °3 “Ejercicios usados en la investigación” . .	66
“N ° 4 Suplementación con proteína” .	74
“N ° 5 Mediciones” . .	76
N °6 “diferencia entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento en un individuo del grupo 2” . .	78

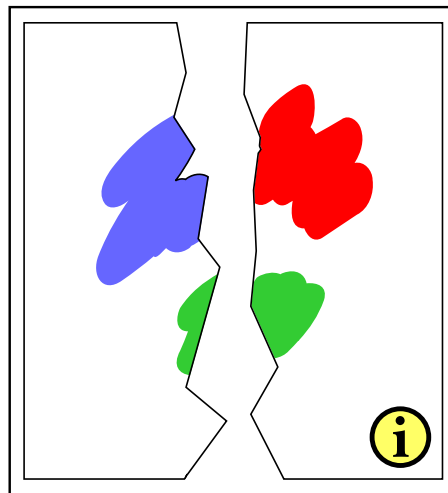
Informe de aprobación

Tesis de Licenciatura

Se informa a la escuela de Kinesiología de la Facultad de Medicina que la Tesis de Licenciatura presentada por el candidato.

David Espinoza Dueik

Ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito de Tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología, en examen de defensa de Tesis rendido la fecha.....



A mis padres: Aiecha y Mauricio, David.

Agradecimientos

-A mi madre Aiecha por ser un apoyo y guía constante.

-A la unidad de Deportes de la Universidad de Chile por permitirme utilizar el Gimnasio de la facultad, lugar donde se realizó el estudio.

-A mi tutor el Dr. Enrique Jaimovich, quien siempre estuvo dispuesto a ayudarme.

-A Maritza Luengo, profesora de Educación Física quien me ayudó con las mediciones realizadas en este estudio.

-A Soledad y don Marcelo del Laboratorio de Fisiología por el valioso apoyo brindado.

-A mis compañeros de Universidad y de Carrera, quienes participaron e hicieron posible este estudio.

-A la compañía GNC, empresa que patrocinó los suplementos proteicos utilizados en este estudio.

-A Javier Villaroel por su valioso apoyo.

-A Miguel Ángel Cumsille, quien me ayudó a realizar el análisis estadístico de esta investigación.

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito poner a prueba el método de Bioimpedanciometría en la detección de cambios de un segmento, sometido a un periodo de entrenamiento con pesas de dos frecuencias, al relacionarlo con el método de Antropometría, asimismo poder establecer diferencias entre ambos métodos.

La muestra consta de 24 estudiantes universitarios, hombres y mujeres con edades entre 18 y 26 años, que no presentan lesiones músculo esqueléticas de extremidad superior, dos meses antes y durante el presente estudio.

El entrenamiento fue supervisado y consistió en ejercicios con pesas (mancuernas y barras) para los músculos del brazo, los cuales se realizaron con dos frecuencias distintas: 1 vez por semana (Grupo 1), tres veces por semana (Grupo 2), durante 11 semanas, además de un Grupo Control que no hizo realizó entrenamiento. Entre las 8 y las 11 semanas de entrenamiento se suplementó con proteína de suero de leche (Whey Protein) .

Se midieron los pliegues tripital y bicipital en la zona media del brazo, con un adipómetro graduado, perímetros en la zona media del brazo tanto contraído como relajado y largo del segmento con una cinta métrica, la impedancia fue medida utilizando un Impedanciómetro de fabricación nacional, de frecuencia de 50kHz y una intensidad de 1 mili amper (mA), estas mediciones se realizaron tres veces: antes del entrenamiento, inmediatamente antes de las 8 semanas e inmediatamente después de las 11 semanas de estudio.

Se utilizó estadística descriptiva (media y desviación estándar), prueba de Wilcoxon para muestras dependientes y Kruskal-Wallis para muestras independientes y coeficiente de correlación de Pearson (r).

El cálculo del área muscular media muestra un aumento significativo para los grupos: Control, 1 y 2 a las 11 semanas ($p < 0,05$, $p < 0,02$ y $p < 0,01$ respectivamente). Existiendo diferencias significativas ($p < 0,01$) entre el grupo 2 y el grupo control a las 11 semanas de entrenamiento. El cálculo de la impedancia ajustada muestra un aumento en el grupo 1 y en el grupo 2 a las 11 semanas ($p < 0,01$ y $p < 0,02$ respectivamente) y entre las 8 y 11 semanas ($p < 0,01$ y $p < 0,05$ respectivamente), ambos grupos presentan diferencias significativas comparado con el grupo control a las 11 semanas ($p < 0,01$). La correlación entre el área muscular media del brazo contraído con la impedancia específica fue alta en la primera ($r = 0,8676$), segunda ($r = 0,674$) y tercera medición ($r = 0,6632$), así como también en las tres mediciones ($r = 0,7144$) efectuadas en los tres grupos.

Los resultados permiten concluir que el Grupo 2 fue el que obtuvo mayores ganancias de masa muscular producto del ejercicio y disminución (aunque no importante) de la masa grasa, así como también que el método de Bioimpedanciometría es capaz de detectar eficientemente dichos cambios producidos por el entrenamiento con pesas

Abstract

Introduction: the purpose of this study was determined the effectiveness of Electrical Bioimpedance as a predictor of the changes induced by the exercise in a segment, after 11 weeks of muscle training with dumbbells and lift weights for the arm of university students, which were different only in the frequency of training; 1 time per week (group 1), 3 times per week (group2) and 0 times per week (control group). **Subjects:** 24 university students, 11 females and 13 males, with ages between 18 and 26 years. **Methods:** training was supervised and controlled by a expert. Between eight and eleven week the subjects received an Optimun Nutrition whey protein supplement. Fat folds (biceps and triceps) and girths was measured at the middle of the arm, fatfolds was measured using a fatfold skin caliper, electrical bioimpedance using an Impedancemeter made in Chile with 50khz of frequency and 1 mA of intensity. All measures were done three times: before training, at eight week and after training period.

Results: derived from Wilcoxon and Kruskal-Wallis analysis only the group 2 has got a significative change in muscle cross-sectional area measured on the middle, and bioimpedance measures compared with contro group, Pearson correlation coeficient (r) showed a high correlation between specific electrical bioimpedance and muscle cross-sectional area.

Conclusion: three times per week of muscle training is more efective than 1 time per week to produce changes in the composition of the arm. Electrical bioimpedance is an efective method to estimate changes in the composition of a segment after a muscle training program.

Introducción

En este estudio interesa conocer el efecto de dos frecuencias de entrenamiento muscular con pesas para los músculos del brazo en jóvenes estudiantes universitarios con edades entre 18 y 26 años, 1 vez por semana (grupo 1) o tres veces por semana (grupo 2), sobre la composición del segmento (brazo), específicamente sobre la masa muscular (Trofismo muscular), utilizando dos métodos: el de antropometría (perímetros, pliegues cutáneos) y el de análisis de Bioimpedancia eléctrica (BIA); La presente investigación tiene por objetivo también poner a prueba la eficacia del método (BIA) en la detección de los cambios producidos por el ejercicio, al conocer la relación existente entre ambos métodos (BIA y antropometría).

Marco teórico

Hipertrofia Muscular

El entrenamiento muscular con pesas produce cambios en la composición corporal, que se traducen mínimamente en una reducción del tejido graso subcutáneo y principalmente con un aumento de la masa muscular; dicho aumento se debe principalmente a hipertrofia muscular, que es el aumento en el grosor transversal de las fibras musculares **(Friedl y cols 2001)** (Donnelly JE y cols 1993). La hipertrofia muscular se debe principalmente a dos causas:

1. Aumento en la síntesis de proteína del músculo.
2. Disminución en el catabolismo de las proteínas del músculo. (Ortiz Cv,1999).

Se afirma (Mc Ardle y cols, 1996) que las 6 principales variables que inciden en el desarrollo y mantenimiento de la masa muscular son: predisposición genética, estado nutricional, actividad física y ejercicio, activación por parte del sistema nervioso, factores medioambientales e influencia endocrinas, resaltando a la predisposición genética, como la variable que comanda el comportamiento de las otras en la producción de hipertrofia (ver anexo figura n ° 1a).

En un estudio (Mc Call y cols, 1996) realizado en jóvenes universitarios de 18 a 25

años, que entrenaron 3 veces por semana ejercicios con pesas, los autores sugieren que la posible explicación al aumento de masa muscular, se deba en parte a hiperplasia (aumento del número de fibras) en algunos individuos. Afirman además, que la hipertrofia muscular no se debería a aumento en el número de capilares sanguíneos del músculo.

Variables que inciden en la hipertrofia muscular

Respuesta Hormonal

El ejercicio con pesas produce un aumento en las concentraciones plasmáticas de testosterona, hormona inductora de síntesis de proteínas en el músculo. (Ortiz Cv, 1999 op cit). Se ha visto (Kraemer, W. J y cols, 1993), que la mayor producción de testosterona inducida por el ejercicio en hombres respecto de las mujeres, puede ser un factor importante en la obtención de hipertrofia muscular.

Ingesta proteica

Desde mediados del siglo 19 hasta hoy, el concepto de que el ejercicio hace aumentar los requerimientos proteicos, ha cambiado radicalmente, desde considerar que las proteínas tienen un rol fundamental en la producción de energía para el ejercicio, a no concederle ninguna importancia; de no reconocerlas como necesarias para el ejercicio hasta que hoy en día, se plantea que la ingesta proteica elevada tiene gran participación en la síntesis proteica y por ende en la producción de hipertrofia muscular en individuos entrenados en fuerza (Lemon, 1997). Respecto a este último punto, los requerimientos de proteínas en individuos entrenados en fuerza (pesas) son notablemente mayores en individuos sedentarios, llegando a ser hasta el doble (Tarnopolsky M. A. Y cols, 1992).

Respuesta del sistema nervioso

Los cambios producidos por el ejercicio (hipertrofia) en una población no entrenada, se producen a partir de la tercera a quinta semana de entrenamiento según Moritani y cols, (1979) y séptima según (Sale D. G. 1988).

Los incrementos de fuerza en las primeras semanas de entrenamiento se deberían a cambios en el sistema nervioso del individuo y no se traducirían en aumentos significativos de la masa muscular, aunque este último cambio es el más importante y mayor de los cambios producidos por el ejercicio (Sale D. G. 1988 op cit) (ver anexo figura N °2b).

Edad

Una reciente investigación (Newton R. U y cols, 2002) no mostró diferencias significativas en la capacidad de aumentar masa muscular y fuerza entre jóvenes y viejos, teniendo éstos últimos mayor tendencia a la pérdida de masa muscular por inactividad. Lo mismo concluyen Roth M. Y cols (1999), pero asociando el ejercicio a daño muscular (disrupción) y la capacidad para repararlo.

Técnicas de entrenamiento con pesas para producir hipertrofia

Medición de RM

Según Tous Fajardo. J (1999) “la RM constituye la máxima cantidad de peso que puede levantar un sujeto, un número determinado de veces en un ejercicio concreto”. El mismo autor señala que para determinar una RM se cuenta con una variedad de fórmulas lineales, entre ellas la ecuación de Epley, que es la que arroja un menor error en ejercicios con repeticiones menores o iguales a 10.

Implementos usados

Los ejercicios con pesas libres (mancuernas y barras) producen más hipertrofia que los con máquinas (poleas) según O’ Hagan y cols (1995).

Frecuencia e Intensidad

Para que el entrenamiento con pesas sea efectivo para producir hipertrofia, se afirma que la intensidad tanto para jóvenes como para adultos, debe ser de 6 a 12 repeticiones máximas (RM) (1 RM es repetición máxima, equivalente a poder realizar sólo una contracción concéntrica y excéntrica y no dos).

Además se señala que la frecuencia óptima de entrenamientos para producir hipertrofia es de 3 entrenamientos para un mismo grupo muscular por semana.

(Ortiz CV., 1994 op cit). Luengo (2002) encontró que a una intensidad de 75 % de una RM y una frecuencia de 3 veces por semana, pero realizando solamente un tipo de ejercicio por grupo muscular entrenado, con un total de 3 series por ejercicio, se obtienen mayores ganancias en hipertrofia muscular que con una intensidad de 50% de una RM.

Tipo de contracción muscular requerida para producir hipertrofia

Allerheilgen y cols (1993), sugieren el uso de contracciones excéntricas para el logro de hipertrofia muscular.

Sin embargo Mc Call y cols. (1996 op cit), en sus resultados sostienen que ambos

tipos de contracción (excéntrica y concéntrica) producen hipertrofia muscular. Sobre este mismo punto Higbie E. Y cols (1996) en un estudio realizado en mujeres jóvenes, encontró mayor correlación entre hipertrofia muscular y ejercicio excéntrico, que concéntrico, confirmando que ambos producen hipertrofia muscular.

Hortobaqyi y cols. (1998) asocian la contracción excéntrica a daño muscular (disrupción).

Combinación de entrenamiento con pesas y entrenamiento de resistencia

Esta combinación realizada durante un mismo día, interfiere en el desarrollo de la fuerza, pero no de la hipertrofia muscular, según concluyen (Sale D. G. y cols, 1990 ib-idem).

Composición corporal

La composición corporal corresponde a los tejidos o elementos químicos (tales como el agua) que conforman el cuerpo o un segmento de él. Dichos componentes se han agrupado para su estudio y mejor comprensión, en:

- Masa grasa (masa del tejido graso)
- Masa libre de grasa (masa de los otros componentes, entre ellos la masa muscular). (Jaimovich E., Latorre R., 2002).

Métodos para estimar la composición corporal

Según Mc Ardle y cols, (1996) (op cit) existen muchos métodos para estimar la composición corporal, algunos de ellos son:

1. Medición de pliegues
2. Medición de perímetros
3. Análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA).

1. Medición de pliegues

Es un método que se basa en el hecho de que la masa grasa de un segmento se encuentra localizada principalmente bajo la piel.

Los pliegues son medidos utilizando un instrumento conocido como calíper, que trabaja bajo el mismo principio que un pie de metro, usado para medir la distancia entre dos puntos de un objeto.

El grosor del pliegue (tej. Graso subcutáneo) es leído directamente por el calíper. (anexo N °3c).

La desventaja de este método consiste en su poca confiabilidad, ya que puede arrojar un gran porcentaje de error entre distintos evaluadores.

2. Medición de perímetros

Estima la composición corporal, al medir los contornos de un segmento, de esta manera puede indicar un aumento de la masa muscular, pero por sí solo no determina si existe una disminución de la masa grasa; en combinación con otros métodos ha mostrado tener una gran confiabilidad.

Utiliza una cinta métrica como instrumento de medición y está estandarizado el lugar elegido para medir perímetros, entre ellos existe el del bíceps (tanto relajado como contraído).

Cálculo del área muscular

Teniendo en cuenta los pliegues tricípital y bicípital, además del radio obtenido del perímetro del brazo, es posible calcular el área muscular según la fórmula de De Koning y cols. validada por Katch y Hortobagyi(1990).

$$\text{Área muscular} = \pi [\text{radio} - (\text{pliegue bicípital} + \text{pliegue tricípital})/4]^2$$

3. Análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA)

Está basado en el concepto de que el flujo eléctrico, se ve facilitado a través de tejidos ricos en agua, como lo es el muscular y por el contrario se dificulta en los tejidos pobres en ella, como el grasa.

De ahí que la hidratación previa a la medición sea importante para que el análisis con bioimpedancia eléctrica sea adecuado.

Este método ha sido ampliamente validado como estimador de la composición corporal en atletas (Lukaski H.C, 1990), (Segal, 1996) y en menor medida en población no entrenada (Deurenberg P, y cols, 2002) aunque la medición de BIA, depende en gran medida del largo y área del segmento a evaluar.

Análisis de la bioimpedancia específica o segmentaria

Corresponde a una aproximación más moderna y sofisticada del método original, este supone que el cuerpo humano está separado en dos hemicuerpos, los que pueden ser tratados como un grupo de conductos en serie, en donde se necesita saber el largo y el perímetro del segmento corporal o cilindro (conductor) para obtener la impedancia específica o resistencia del segmento. Por lo tanto, cada segmento corporal es tomado como un conductor con sus propias dimensiones y características individuales (Cerdeira y cols 2000).

Detección de la composición de un segmento utilizando el método de BIA

Pietrobelli A. y cols (2002) relacionaron el método BIA con otro método, el así llamado "contador de potasio", que es específico en detectar la masa muscular, ya que de los tejidos del cuerpo, el muscular posee casi la totalidad del potasio, encontrando gran correlación entre la impedancia ajustada y el método contador de potasio en el antebrazo de los sujetos estudiados (sedentarios).

Planteamiento del problema

Justificación

El presente estudio se realizó para satisfacer la importante necesidad de objetivar los cambios producidos por el ejercicio sobre la composición de un segmento corporal, en este caso el brazo.

En este estudio interesa lo siguiente:

A) Valorar la utilidad del método de bioimpedanciometría en la detección de cambios en la composición de un segmento, como un método rápido, confiable y barato, previamente sometido a un entrenamiento con sobrecarga (pesas), cuyo propósito es producir hipertrofia muscular.

B) Evaluar la eficacia de dos frecuencias distintas de entrenamiento con pesas, en la obtención de cambios en la composición de dicho segmento (básicamente hipertrofia muscular).

Pregunta de investigación

“Comparación entre dos métodos de medición de cambios de composición inducidos por el ejercicio con pesas en un segmento corporal, en estudiantes universitarios”

Por lo anterior, nuestra pregunta significativa es ¿puede ser explicado un aumento de la masa muscular de brazo por una determinada frecuencia semanal de entrenamiento? Y ¿Qué relación existe entre la medición con antropometría de cambios en la composición del brazo de individuos sometidos a entrenamiento con pesas y la medición de dicho segmento corporal con el método de bioimpedanciometría?

Objetivos generales

a) Determinar si es posible detectar hipertrofia muscular del segmento brazo de estudiantes universitarios inducida por el ejercicio en un intervalo de tiempo de 11 semanas utilizando el método de bioimpedanciometría.

b) Establecer qué frecuencia semanal (1 o 3 veces) de entrenamiento con pesas para el brazo produce una mayor hipertrofia muscular y cambios en la composición corporal de dicho segmento en hombres y mujeres jóvenes (entre 18 y 26 años de edad).

Objetivos específicos

a) Detectar el efecto de dos frecuencias distintas (1 o 3 veces por semana) de entrenamiento muscular con pesas sobre el trofismo muscular de estudiantes universitarios.

b) Establecer la relación existente entre el Área muscular media con el método de bioimpedanciometría en los brazos de estudiantes universitarios sometidos a un entrenamiento muscular con pesas de 11 semanas de duración.

c) Interpretar la diferencia existente entre las mediciones realizadas con los métodos de antropometría y el método de bioimpedanciometría en el brazo de estudiantes universitarios sometidos a un entrenamiento muscular con pesas en un intervalo de

tiempo de 11 semanas.

Variables del estudio

- a) Composición del segmento brazo
 - b) Trofismo muscular
 - c) Entrenamiento muscular con pesas
 - d) Frecuencia
 - e) Intensidad

Variables desconcertantes

- a) Sexo
 - b) Edad
 - c) Estatura
 - d) Peso
 - e) Actividad física adicional al programa de entrenamiento del estudio.

Operacionalización conceptual y operacional de las variables

“Comparación entre dos métodos de medición de cambios de composición inducidos por el ejercicio con pesas en un segmento corporal, en estudiantes universitarios”

Concepto	Definición conceptual	Definición operacional
Entrenamiento muscular con pesas para el segmento brazo	6 ejercicios realizados todos durante una misma sesión: 1 vez por semana (Grupo 1) o de 3 veces por semana (Grupo 2) durante un intervalo de tiempo de 11 semanas, en los cuales el individuo efectúa contracciones musculares de forma continua hasta completar 10 repeticiones y 3 series por ejercicio, tanto en forma concéntrica como excéntrica de flexores y extensores de codo con una intensidad equivalente al 75% de una RM.	Asignación por azar simple se categoriza como: Grupo 1 Grupo 2 Grupo control (no realiza entrenamiento)
Frecuencia	Número de veces por semana, en que son realizados los 6 ejercicios incluidos en el entrenamiento muscular con pesas.	Designación al azar, se categoriza como: 1 vez por semana 3 veces por semana 0 veces por semana
Intensidad	Cantidad de peso (en kilos) usado en el entrenamiento, expresado en porcentaje de 1 RM o repetición máxima, para esta investigación equivale al 75% de 1 RM	Cálculo del 75% de 1 RM obtenida la ecuación lineal de Epley.
Composición del segmento brazo	Proporción entre los distintos componentes (tejidos) del segmento brazo (músculos y tejido graso, para este estudio).	Estimación a través de los métodos de bioimpedanciometría (impedancia, medida en Ohms) medidos por una máquina llamada impedanciómetro y Antropometría (pliegues medidos por un calíper, en mm, perímetros medidos por una cinta métrica, en centímetros)
Trofismo muscular	Es el tamaño del grosor transversal de las fibras musculares, que para este estudio consiste en una	Impedancia Específica (ohm*cm) Impedancia ajustada (ohm/cm ²) Área muscular (AM)

	estimación de la variabilidad del tamaño de los músculos del brazo.	
--	---	--

Hipótesis de trabajo

a)

H1: El entrenamiento muscular con pesas para los brazos de frecuencia de 3 veces por semana (grupo 2) tiene un efecto mayor en la producción de cambios en la composición del brazo de estudiantes universitarios, que el de una vez por semana (grupo 1).

b)

H2: El entrenamiento muscular con pesas para los brazos de frecuencia de 3 veces por semana (grupo 2) tiene un efecto mayor en el trofismo muscular del brazo de estudiantes universitarios, que el de una vez por semana (grupo 1).

c)

H3: Existe relación entre las mediciones realizadas con el método de bioimpedanciometría y con Antropometría realizados para estimar la composición del segmento brazo de los estudiantes universitarios sometidos a entrenamiento con pesas.

Metodología

1.1. Método

Corresponde a una investigación cuasi-experimental, puesto que la muestra no fue elegida al azar, pero existe un grupo control, del tipo correlacional.

1.2. Universo y muestra

Universo

El universo corresponde a estudiantes universitarios jóvenes con edades entre 18 y 26 años.

Muestra

La muestra inicial correspondía a 27 alumnos universitarios, con edades entre 18 y 26 años, tres de ellos (de ambos sexos) fueron excluidos por enfermedad o inasistencia, quedando una muestra final de 24 individuos. El método de muestreo fue no probabilístico, se utilizaron los métodos de apareamiento y elección al azar simple para

los grupos experimentales 1 y 2 y grupo control.

Grupo1: realiza entrenamiento muscular con pesas para el segmento brazo 1 vez por semana

Grupo2: realiza entrenamiento muscular con pesas para el segmento brazo 3 veces por semana.

Grupo control: no realiza entrenamiento muscular con pesas para el segmento brazo.

Criterios de exclusión: poseer alguna patología músculoesquelética de muñeca, codo o de hombro al momento de iniciar la investigación o durante ella, así como también presentar una asistencia menor al 85 % del programa de entrenamiento.

1.3. Elección del lugar para el estudio

Se eligió el gimnasio de la facultad de medicina sede norte de la Universidad de Chile en razón de la factibilidad, así como también la infraestructura del departamento de fisiología, en una sala especialmente acondicionada para realizar este tipo de mediciones, lugar donde se realizaron las evaluaciones.

1.4. Análisis estadístico

A los resultados del estudio se les sometió a los siguientes procesos estadísticos:

- Estadística descriptiva (Media y Desviación estándar)
- Estadística inferencial (Prueba de Wilcoxon para muestras dependientes; Kruskal-Wallis para muestras independientes)
- Coeficiente de correlación de Pearson (r) para poner a prueba correlación.

Material

Protocolo de la investigación:

1.1 Sujetos

Un total de 24 estudiantes universitarios, cuyas edades fluctuaban entre los 18 y los 26 años, todos ellos con alguna noción del entrenamiento con pesas, pero sin realizar este tipo de entrenamiento hasta por lo menos dos meses previos a la realización de la investigación. Todos ellos contestaron un consentimiento informado, según lo establecido en la declaración de Helsinki, guía internacional de la Ética para la investigación Biomédica que involucra seres humanos (CIOMS) 1992, contando la presente investigación con la aprobación por parte del comité de Ética de la Universidad de Chile (Ver apéndice figura n °1). Fueron sometidos 18 de ellos a un periodo de entrenamiento con pesas para los grupos musculares del brazo, con una duración de 11 semanas, con una frecuencia de 1 vez por semana para 9 individuos (ambos sexos, 5 hombres, 4 mujeres) lo que constituye el grupo 1, y de 3 veces por semana para 9 individuos (ambos sexos, 5 hombres, 4 mujeres), lo que constituye el grupo 2, los 6 individuos restantes de la muestra pertenecieron al grupo control, es decir no realizaron ningún tipo de ejercicios con pesas durante el estudio.

Protocolo de entrenamiento (Ver apéndice figura n °2)

La muestra fue sometida a un programa de entrenamiento con pesas, guiada por el investigador y personalizada, con una intensidad del 75 % de una RM para ambos grupos (1 y 2), de la siguiente forma:

“Comparación entre dos métodos de medición de cambios de composición inducidos por el ejercicio con pesas en un segmento corporal, en estudiantes universitarios”

Para la primera semana de entrenamiento ambos grupos (1 y 2) realizaron los ejercicios 3 veces con cargas (pesos) moderados (sensación subjetiva de cada individuo), a modo de familiarización y adopción de una técnica adecuada en la ejecución de cada ejercicio.

-Para la primera sesión (segunda semana de entrenamiento) se midió 1 RM, según el método de Epley, consistente en determinar la máxima carga a utilizar (cuando se puede realizar una sola repetición), utilizando una ecuación de regresión lineal que considera: número de repeticiones y peso utilizado y las extrapola a una repetición máxima. Se realizó mediante la realización por parte del individuo de dos series de ejercicio, la primera de calentamiento y la segunda hasta el fallo muscular.

La medición de una RM estuvo a cargo de una profesora de educación física experta en el tema.

Ecuación de Epley:

$$1RM = (\text{Peso levantado} \times n^{\circ} \text{ de repeticiones hasta el fallo} \times 0,03) + \text{Peso levantado}.$$

-Una vez determinada 1 RM, se fijaron los pesos a un 75% de ésta, es decir 10 repeticiones forzadas (10RM).

Tabla N° 2: “Características del entrenamiento para los grupos experimentales 1 y 2”

Variables	Grupo 1	Grupo 2
Intensidad	75 % de 1 RM	75% de 1 RM
Series por ejercicio	3	3
Repeticiones por series	10	10
Recuperación entre series	1 minuto	1 minuto
Número de ejercicios	6	6
Frecuencia	1 vez por semana	3 veces por semana

-El tiempo para subir los pesos (contracción concéntrica) se les enseñó que debía ser de aproximadamente 2 segundos y 4 segundos para bajarlos (contracción excéntrica).

-Se utilizaron tres ejercicios para flexores de codo y tres para extensores, todos ellos con un total de 3 series, (ver Apéndice figura n °3) los cuales fueron:

- Tríceps francés con mancuerna a una mano.
- Tríceps a la frente con barra
- Tríceps polea.
- Bíceps alterno sentado con mancuernas
- Bíceps con barra de pie.
- Bíceps en banco scott.

La resistencia se incrementaba en un 5% si:

-En la siguiente sesión el individuo era capaz de realizar 12 repeticiones forzadas (12RM) sin asistencia para la primera serie, o al menos 10 RM durante todas las series

para un mismo ejercicio, por 5 sesiones seguidas. Si el individuo no era capaz de completar 8 RM sin asistencia para las 3 series descritas, la carga se disminuía en un 5%.

Protocolo de suplementación de Proteína

Con motivo de evitar que la variable “ingesta proteica” fuera un elemento que distorsione la obtención y análisis de resultados, por la importancia que tiene en producir aumentos de masa muscular, se suplementó a partir de la novena semana de entrenamiento a toda la muestra (grupos control, experimental 1 y 2), con una dosis de proteína aislada de suero lácteo sometida a un proceso de ultra filtración e intercambio iónico además de estar enriquecida con enzimas digestivas para la más óptima absorción de la misma, de marca Optimun Nutrition, la cual se combinó con leche Svelty 0% materia grasa, marca Nestlé (ver apéndice figura n °4), se les suministró dos dosis diarias que en total eran equivalentes a 0,9 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal de cada individuo, una en la mañana y otra en la tarde, el consumo de dicho suplemento fue supervisado por personal perteneciente al departamento de fisiología.

Mediciones (ver apéndice figura n ° 5)

Se realizaron tres mediciones: previo al programa de entrenamiento, en la octava semana, lo que correspondió a una medición previa a la suplementación con proteína, y finalmente una medición una vez finalizado el entrenamiento (11 semanas). Las mediciones fueron bilaterales (hechas a ambos brazos) y consistieron en lo siguiente:

- Una evaluación antropométrica (largo del segmento brazo, perímetro, pliegue bicipital y tricipital, peso y talla corporal) y una medición de la impedancia de dicho segmento (derecho) con un impedanciómetro, realizada por un evaluador experto. El lugar elegido para dichas mediciones fue una sala autovalente de trabajos prácticos habilitada y dependiente del departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina Norte de la Universidad de Chile.

Medición antropométrica: todas estas mediciones fueron hechas estando el individuo evaluado en posición de pie.

Largo del segmento brazo: Para esta medición, así como también para la medición de perímetros, se utilizó una cinta métrica de 0,5 centímetros de ancho, con una resolución de 0,1 centímetros, de material flexible e inextensible, Se tomaron como referencia para la medición, el punto medio de la eminencia ósea conocida como acrómion (parte de la escápula) y el punto más distal del olécranon (vértice del mismo) de la Ulna.

Perímetros: Al igual que el largo del segmento fueron medidos con una cinta métrica de iguales características. Se midieron dos perímetros: el del brazo relajado (Br) y el del brazo contraído (Bc).

Perímetro Br: fue medido en el punto medio del largo establecido previamente, se le pidió al sujeto evaluado que relajara su brazo para ser medido.

Perímetro Bc: fue medido también en el punto medio del largo del brazo, pero pidiendo al sujeto que flexionara su codo, contrayendo sus músculos (bíceps braquial, braquial) con la máxima intensidad posible.

Peso corporal: Se utilizó una báscula digital marca SECA.

Estatura: Fue hecha estando el individuo evaluado en posición de pie y en extensión máxima, se midió la distancia existente entre el vertex y la planta de los pies. Se utilizó un altímetro de madera con una resolución de 0,1 centímetros.

Pliegues cutáneos: la grasa subcutánea fue medida por un adipómetro calibrado, marca “Lange Skinfold Cáliper”, con una presión constante de 10 g/cm. Se midieron los pliegues Bicipital y Tricipital de la siguiente manera:

Pliegue Bicipital: Línea media de la parte anterior del brazo, pliegue vertical, siguiendo la zona del pliegue Tricipital pero hacia delante.

Pliegue Tricipital: Línea media de la cara posterior del brazo, pliegue vertical.

Área muscular media: El cálculo del Área muscular media fue hecho tomando en cuenta el radio obtenido del perímetro del brazo contraído, según la fórmula validada para la estimación de la masa muscular de De Koning y cols. (Katch 1990, op cit).

$$\text{Área muscular} = \pi [\text{radio} - (\text{pliegue bicipital} + \text{pliegue tricipital}) / 4]^2$$

Análisis de Bioimpedancia eléctrica (BIA): Se utilizó un impedanciómetro fabricado por el Departamento de Fisiología, debidamente calibrado, que emitía una corriente alterna de 1 miliamperes (mA) y 50 Kiloherz (KHz) de frecuencia, el procedimiento para realizar esta medición fue la siguiente:

Se realizó con el individuo en reposo, por lo menos 3 horas después de la última práctica deportiva, hidratado normalmente, sin haber ingerido alcohol por lo menos 48 horas antes de la medición, con la menor cantidad de ropa posible, sin ningún tipo de objetos metálicos (como pulseras, relojes, etc) que interfiriera con la medición, la posición del individuo era acostada boca arriba, en forma cómoda y relajada sobre una camilla, con los brazos desprovistos de ropa, a un costado del cuerpo pero de manera tal que no hubiese contacto alguno con otros segmentos corporales. Se utilizaron dos pares de electrodos, un par de ellos pasaba la corriente en el segmento brazo y se colocaron: Uno: distal, sobre la apófisis estiloides de la ulna, el otro; proximal sobre la clavícula, mientras que el otro par, era el que medía la impedancia del segmento y se colocaron: Uno: distal, sobre el vértice del olécranon de la ulna, mientras que el otro: proximal sobre el punto medio del acrómion de la escápula.

Antes de ubicar los electrodos en las prominencias óseas respectivas, se procedió a limpiar con alcohol, utilizando un trozo de algodón, sobre dichas prominencias, de manera de poder reducir la impedancia producida por la grasitud normal de la piel.

Sobre la base del electrodo se aplicó una pasta conductora marca ELEFIX, la cual disminuye la resistencia eléctrica producida por el aire en el espacio existente entre la piel y el electrodo, así como también ayuda a fijar el electrodo a la piel.

Impedancia Ajustada: el cálculo de la impedancia corresponde al valor de impedancia que arroja el impedanciómetro dividido por el largo del segmento al cuadrado.

Impedancia Específica: el cálculo de la impedancia específica corresponde a la impedancia que arroja el impedanciómetro multiplicada por el área obtenida del perímetro del brazo contraído y dividida por el largo del segmento.

Resultados

La composición del segmento brazo medido por Antropometría, muestra que no hay diferencias significativas entre grupos, en lo que corresponde a diferencia en el perímetro de brazo relajado y brazo contraído (Gráfico N° 6), tampoco las muestra respecto de la diferencia entre el Área muscular del brazo contraído y relajado (Gráfico N° 5), en estos parámetros no se aprecian mejoras significativas en ninguno de los tres grupos al cabo de las 11 semanas de entrenamiento.

La medición de pliegues no muestra diferencias significativas entre el grupo control y los grupos experimentales (1 y 2), la medición del pliegue tricipital arroja una disminución significativa (1,4 mm) ($p < 0,02$) a las 8 semanas de entrenamiento para el grupo 2 y a las 11 semanas para el grupo 1 (1,27 mm) ($p < 0,05$), no habiendo diferencias significativas comparando ambos grupos con el grupo control, ni entre ambos grupos experimentales (Gráfico N° 7). La medición del pliegue bicipital en el grupo 2 muestra disminuciones significativas a las 11 semanas de entrenamiento (2,2mm) y entre la segunda y tercera medición (1,4 mm) (8 y 11 semanas) $p < 0,01$ y $p < 0,02$ respectivamente, y comparado con el grupo 1 ($p < 0,05$) en ambos lapsos de tiempo. El grupo control muestra una disminución significativa (1,2 mm) ($p < 0,05$) entre las 8 y 11 semanas, periodo en el cual se suplementó con proteína (Gráfico N° 8).

El cálculo del área muscular media en el brazo izquierdo muestra un aumento significativo para los grupos: Control (2,48 cm²), 1 (4,9 cm²) y 2 (9,02cm²) a las 11 semanas ($p < 0,05$, $p < 0,02$ y $p < 0,01$ respectivamente). Existiendo diferencias significativas ($p < 0,01$) entre el grupo 2 y el grupo control a las 11 semanas de entrenamiento (6,52

cm²). Entre las 8 y las 11 semanas, se aprecia un aumento en el área muscular (5,2 cm²) en el grupo 1 ($p < 0,02$) y en el grupo 2 (5,81 cm²) ($p < 0,01$) (Gráfico N°4). En el brazo derecho se aprecia un aumento significativo (5,1 cm²) a las 8 semanas de entrenamiento en el grupo 2 ($p < 0,02$) y a las 11 semanas (8,9 cm²) ($p < 0,02$), siendo estos aumentos; significativos respecto del grupo control ($p < 0,05$) (3,93 cm² y 4,8 cm², respectivamente). El grupo 1 muestra aumentos significativos a las 11 semanas (4,74 cm²) y entre las 8 y las 11 semanas (4 cm²) ($p < 0,01$), no siendo significativos respecto del grupo 2 ni del grupo control. El grupo control muestra un aumento (4,18 cm²) significativo ($p < 0,05$) a las 11 semanas de estudio (Gráfico N°3).

Las mediciones hechas por Bioimpedanciometría muestran mejoras significativas tanto en la impedancia ajustada, como en la impedancia específica de ambos brazos en el grupo 1 y en el grupo 2. El cálculo de la impedancia ajustada muestra un aumento (aumento indirecto de la masa muscular) en el grupo 1 (5,8 ohm/cm²) y en el grupo 2 (6,7 ohm/cm²) a las 11 semanas ($p < 0,01$ y $p < 0,02$ respectivamente) y entre las 8 y 11 semanas (3,8 ohm/cm² y 4,6 ohm/cm²) ($p < 0,01$ y $p < 0,05$ respectivamente), ambos grupos presentan diferencias significativas (5,8 ohm/cm² y 6,7 ohm/cm²) comparado con el grupo control a las 11 semanas ($p < 0,01$), sólo el grupo 1 presenta diferencias significativas respecto del grupo control entre las 8 y 11 semanas ($p < 0,05$) (Gráfico N°9). El cálculo de la impedancia específica muestra una disminución en ambos grupos experimentales (1 y 2) a las 11 semanas (brazo derecho: grupo 1 (0,017 ohm*cm) $p < 0,01$; Grupo 2 (0,015 ohm*cm) $p < 0,01$, brazo izquierdo: grupo 1 (0,021 ohm*cm) $p < 0,01$; Grupo 2 (0,018 ohm*cm) ($p < 0,02$), pero sólo el grupo 2 muestra diferencias significativas respecto del grupo control ($p < 0,01$ para el brazo derecho (0,013 ohm*cm); $p < 0,02$ para el brazo izquierdo (0,013 ohm*cm)). Entre las 8 y las 11 semanas se observa una disminución de la impedancia específica para ambos grupos en el brazo izquierdo; Grupo 1: 0,014 ohm*cm ($p < 0,02$); Grupo 2: 0,012 ohm*cm) ($p < 0,01$), a las 8 semanas se observa un aumento significativo (0,009 ohm*cm) ($p < 0,01$) en el brazo derecho para el grupo 1 y en el brazo izquierdo para el grupo 2 (0,006 ohm*cm) ($p < 0,05$) (Gráficos N° 1 y 2).

Al comparar los métodos de Antropometría con Bioimpedanciometría, en los rubros de Área muscular media del brazo contraído con la impedancia específica, observamos un alto grado de correlación tanto para la primera ($r = 0,8676$), segunda ($r = 0,674$) y tercera medición ($r = 0,6632$), así como también en las tres mediciones ($r = 0,7144$) efectuadas en los tres grupos (Gráficos N° 10, 11, 12 y 13).

Gráficos

"Variación en la Impedancia específica del brazo derecho después de 11 semanas de Entrenamiento"

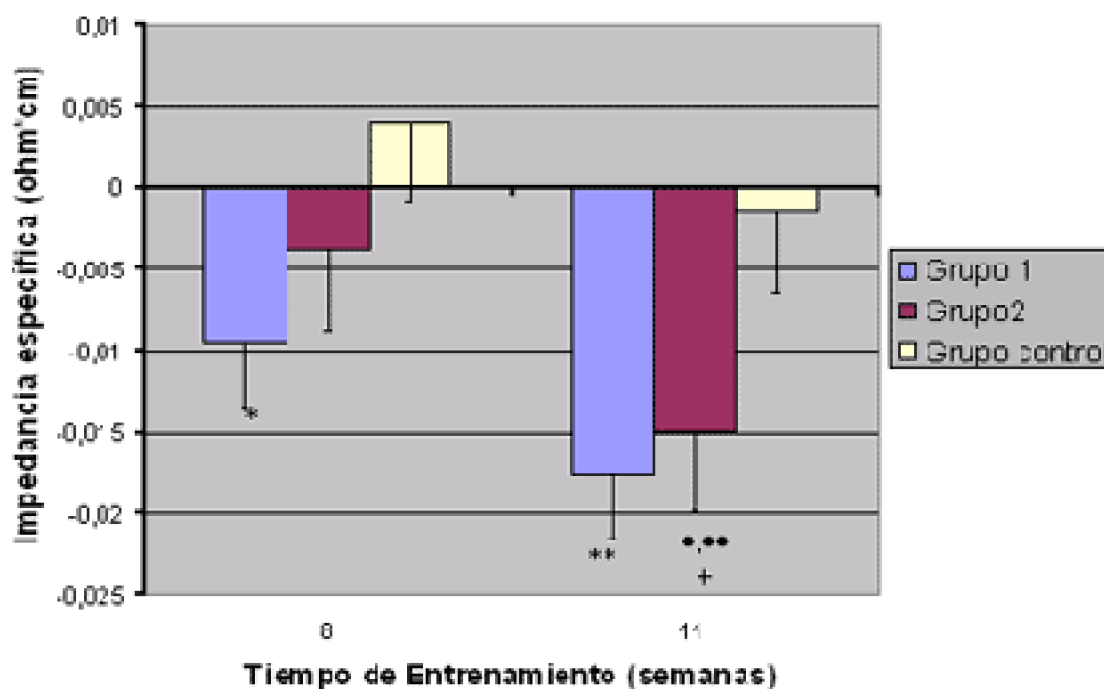


Gráfico N° 0: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6. □ diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 11 semanas de entrenamiento, □□ significativamente diferente ($p < 0,05$) entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento, *diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 8 semanas, **diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 11 semanas de entrenamiento, + diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 11 semanas comparado con grupo control.

"Variación en la impedancia específica del brazo izquierdo después de 11 semanas de entrenamiento"

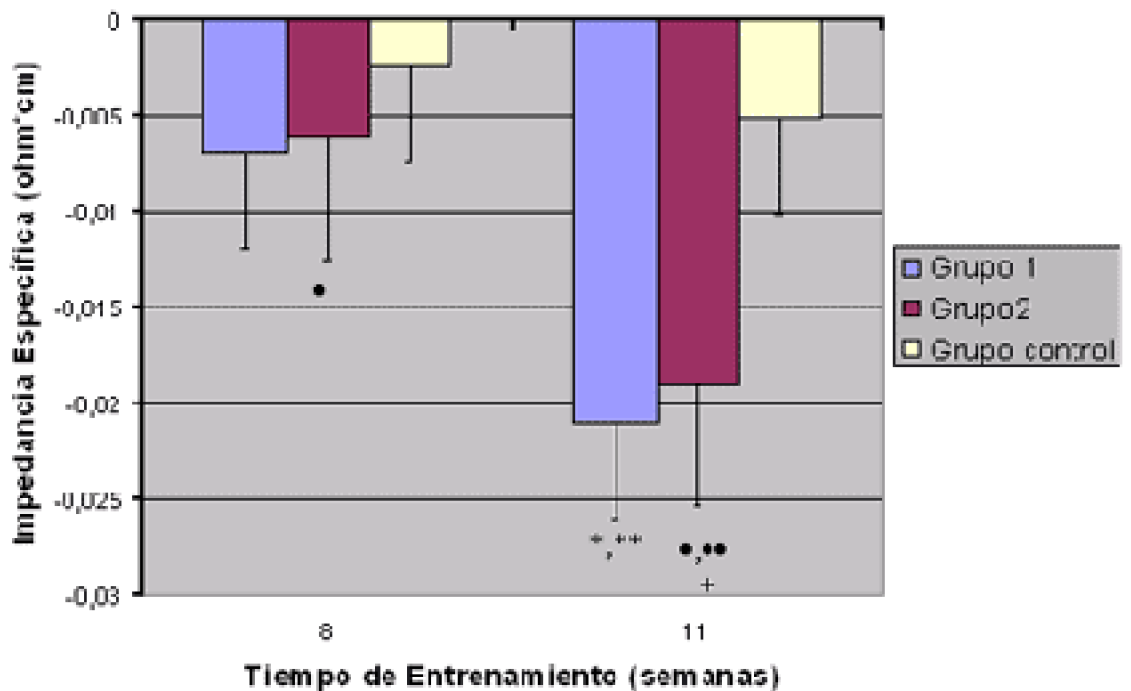


Gráfico N° 0: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6. □ diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las 0 y 8 semanas de entrenamiento, □□ significativamente diferente ($p < 0,02$) entre las 0 y 11 semanas de entrenamiento, □□□ diferencia significativa entre las 8 y las 11 semanas ($p < 0,02$), *diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 11 semanas, **diferencia significativa $p < (0,01)$ entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento, +diferencia significativa entre las 0 y 11 semanas ($p < 0,02$) comparado con el grupo control.

"Variación del área muscular media del brazo contraído derecho después de 11 semanas de entrenamiento"

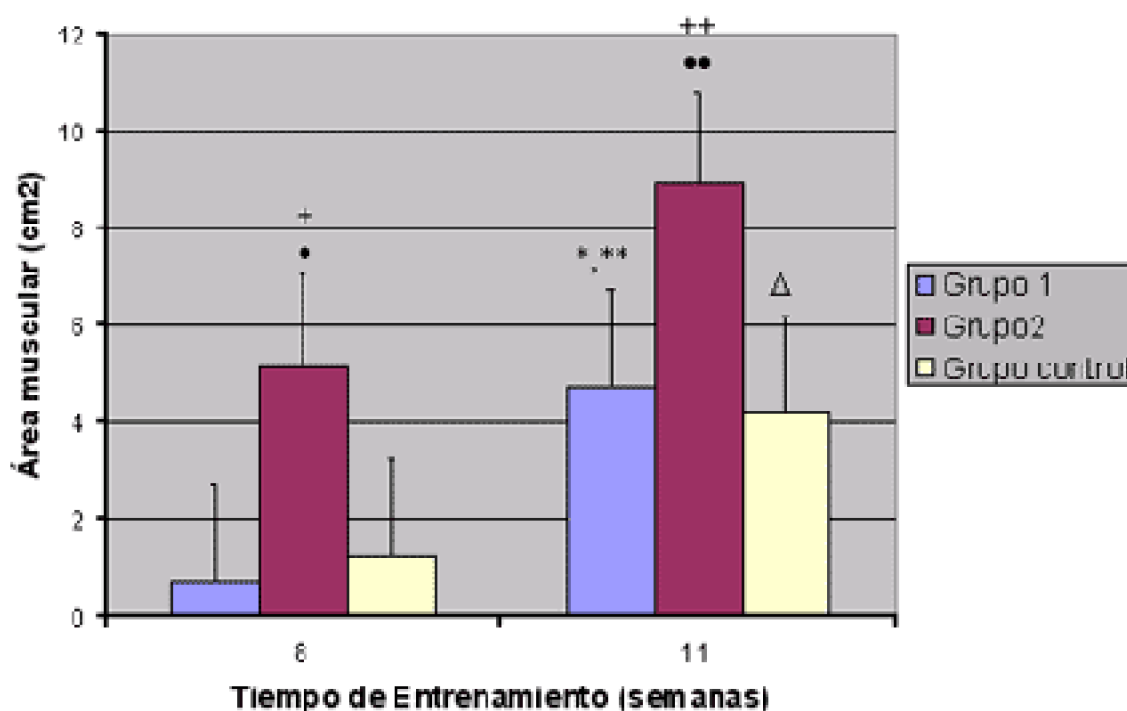


Gráfico N° 3: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. $N=24$, $G1=9$, $G2=9$, $Gcontrol=6$. □ diferencia significativa ($p<0,02$) entre las 0 y 8 semanas de entrenamiento, □□ significativamente diferente ($p<0,02$) entre las 0 y 11 semanas de entrenamiento, *diferencia significativa ($p<0,01$) entre las 0 y 11 semanas, **diferencia significativa ($p<0,01$) entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento, □ diferencia significativa ($p<0,05$) entre las 0 y 11 semanas, +diferencia significativa entre las 0 y 8 semanas ($p<0,05$) comparado con el grupo control, ++ diferencia significativa ($p<0,05$) entre las 0 y 11 semanas comparado con el grupo control.

“Variación del Área muscular media del brazo contraído izquierdo después de 11 semanas de entrenamiento”

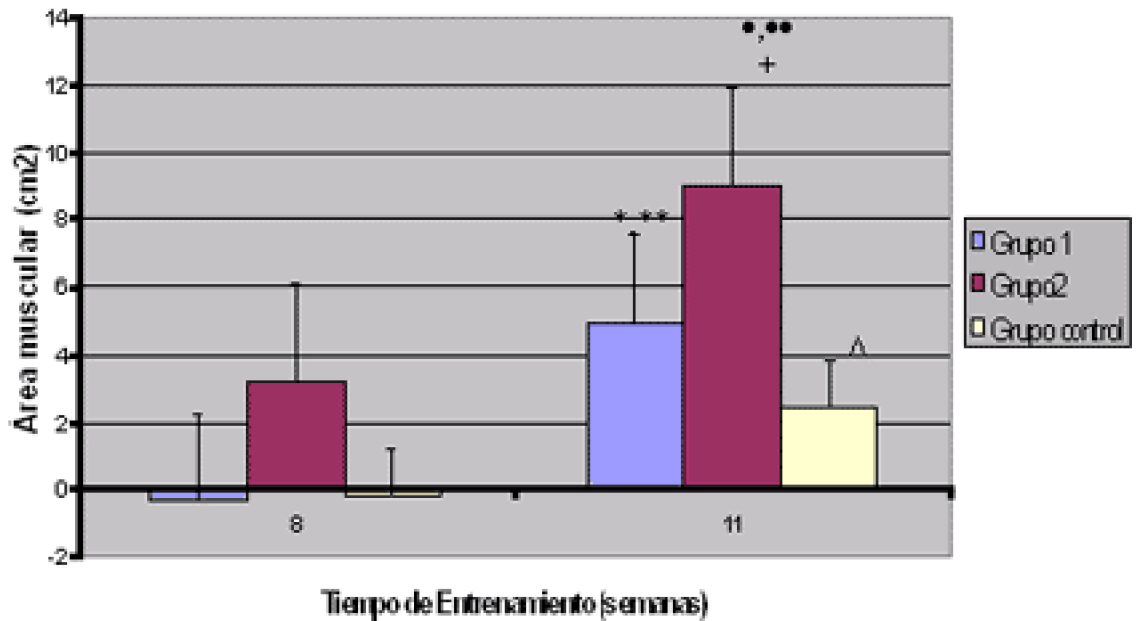


Gráfico N° 4: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6. □ diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 11 semanas de entrenamiento, □□ significativamente diferente ($p < 0,01$) entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento, * diferencia significativa ($p < 0,02$) entre las 0 y 11 semanas, ** diferencia significativa ($p < 0,02$) entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento, □ diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las 0 y 11 semanas, + diferencia significativa ($p < 0,01$) entre las 0 y 11 semanas comparado con el grupo control.

"Variación en la diferencia entre el Área muscular media del brazo relajado y contraído izquierdo después de 11 semanas de Entrenamiento"

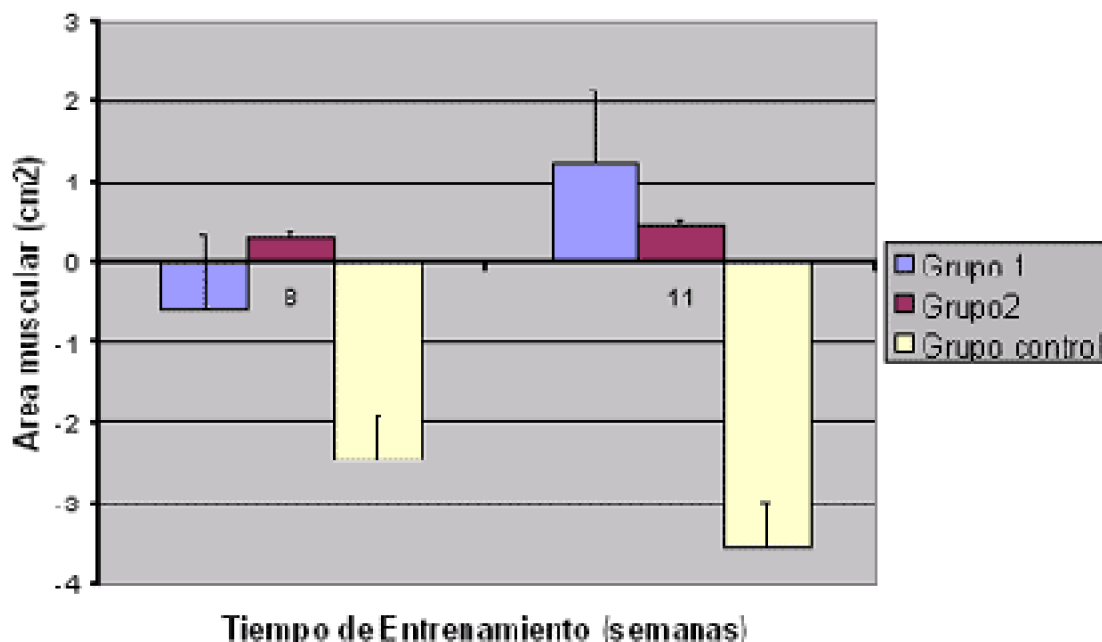


Gráfico N°5: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6.

"Variación en la diferencia entre el Perímetro del brazo relajado y contraído (Br-Bc) izquierdo después de 11 semanas de entrenamiento"

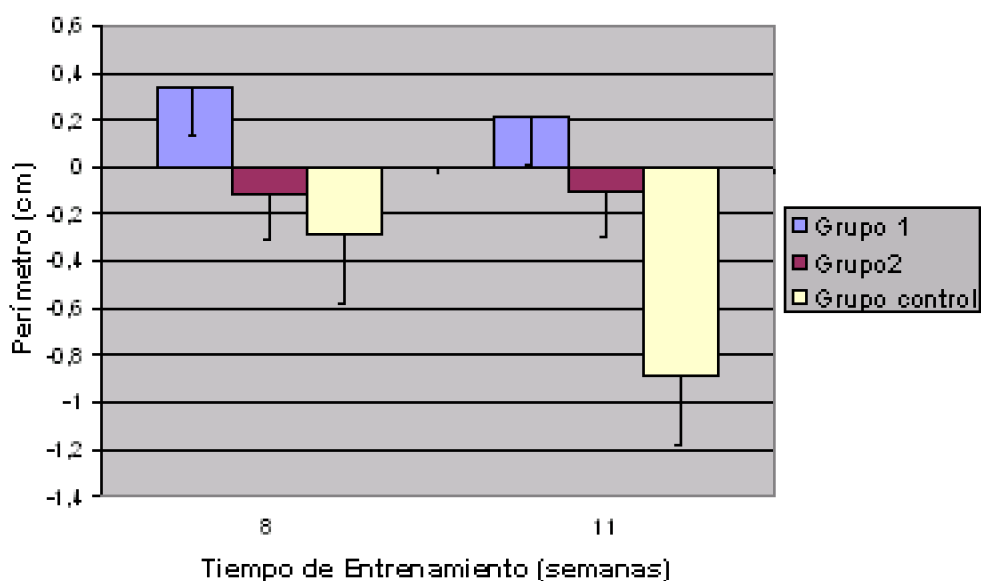


Gráfico N°6: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6.

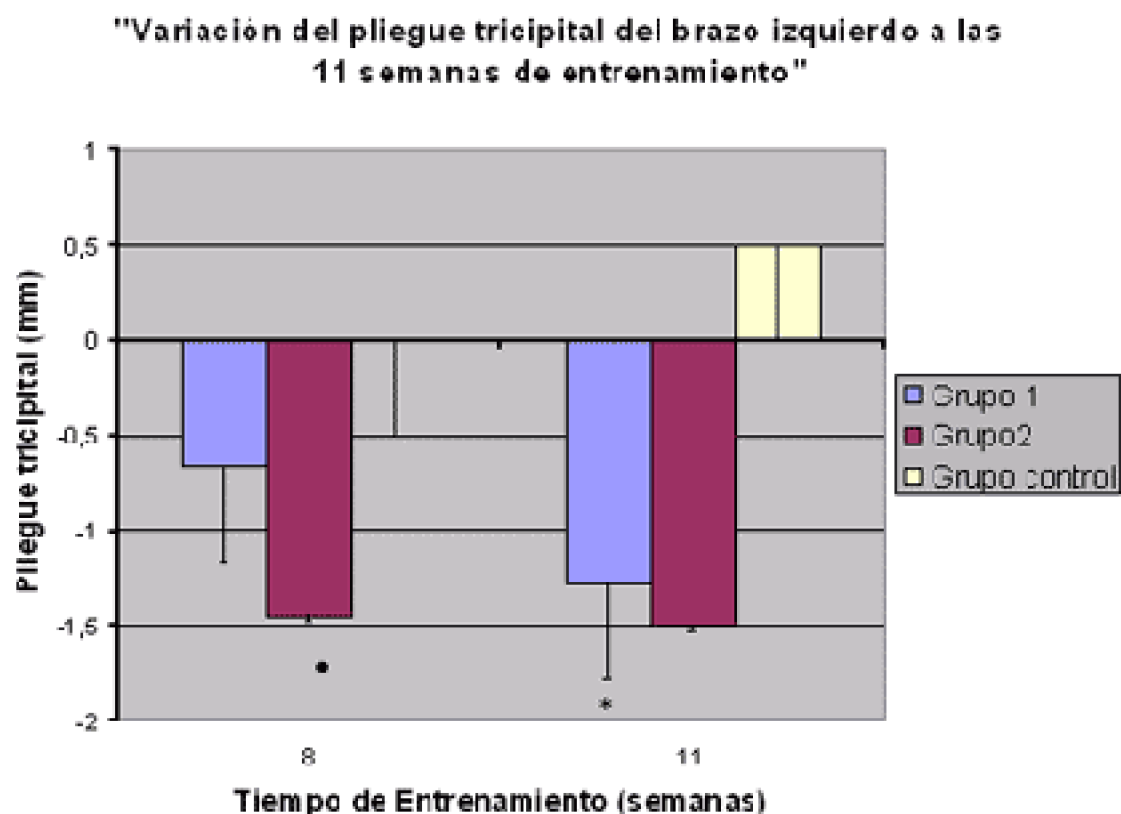


Gráfico N° 7: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6. □ Diferencia significativa ($p < 0,02$) entre las 0 y 8 semanas, * diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las 0 y 11 semanas.

"Variación del pliegue Bicipital del brazo izquierdo después de 11 semanas de entrenamiento"

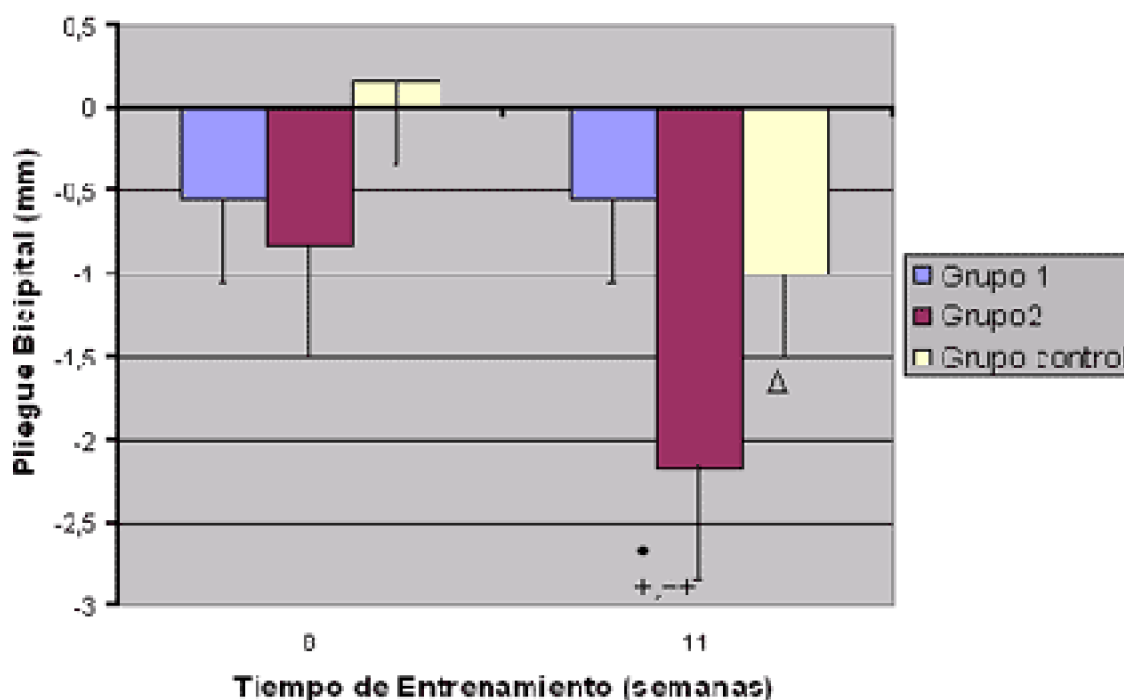


Gráfico N° 8: Los valores representan la media de la variación individual y la desviación estándar para cada grupo. N=24, G1=9, G2=9, Gcontrol=6. □ Diferencia significativa ($p<0,01$) entre las 0 y 11 semanas, □□ diferencia significativa ($p<0,02$) entre las 8 y 11 semanas, □ diferencia significativa ($p<0,05$) entre 0 y 11 semanas, + diferencia significativa ($p<0,05$) entre las 0 y 11 semanas comparado con el grupo 1, ++ diferencia significativa ($p<0,05$) entre las 8 y 11 semanas comparado con el grupo 1.

“Relación entre la impedancia específica y el Área muscular media del brazo contraído derecho obtenida en la tercera medición”

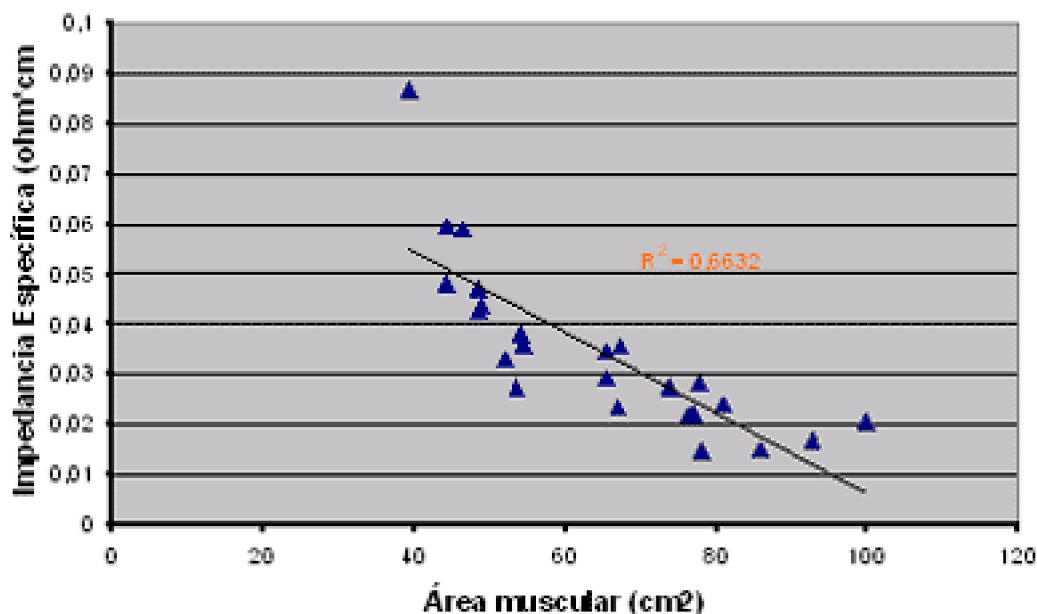


Gráfico N° 10: N=24, Correlación entre impedancia específica y Área muscular media del brazo contraído derecho obtenidas en la tercera medición.

“Relación entre la Impedancia Específica y el Área muscular media del brazo contraído derecho obtenida en la segunda medición”

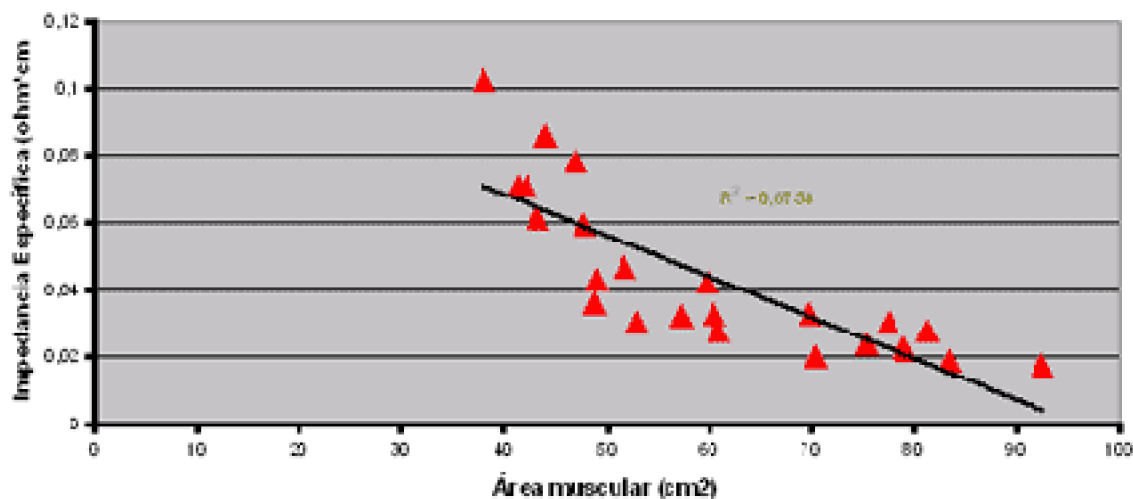


Gráfico N° 11: N=24, Correlación entre impedancia específica y Área muscular media del brazo contraído derecho, obtenidas en la segunda medición

"Relación entre la Impedancia específica y el Área muscular del brazo contraído derecho obtenida en las tres mediciones"

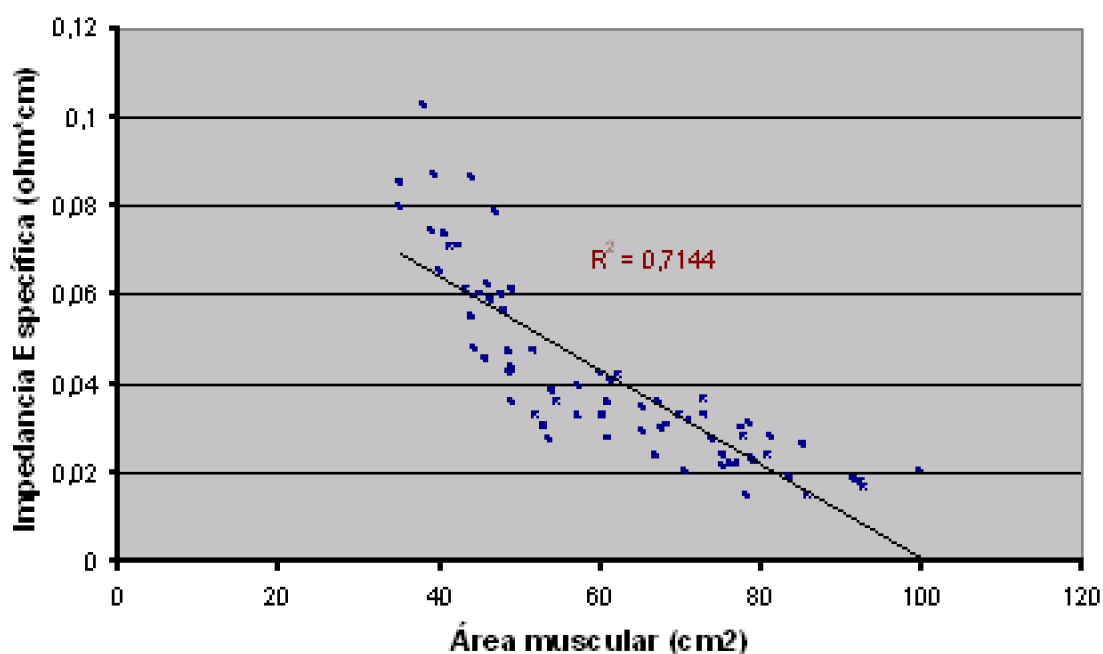


Gráfico N° 12: N=24, Correlación entre impedancia específica y Área muscular media del brazo contraído derecho, obtenidas en las tres mediciones (0, 8 y 11 semanas de entrenamiento)

“Relación entre Impedancia Específica y Área muscular media del brazo contraído derecho obtenida en la primera medición”

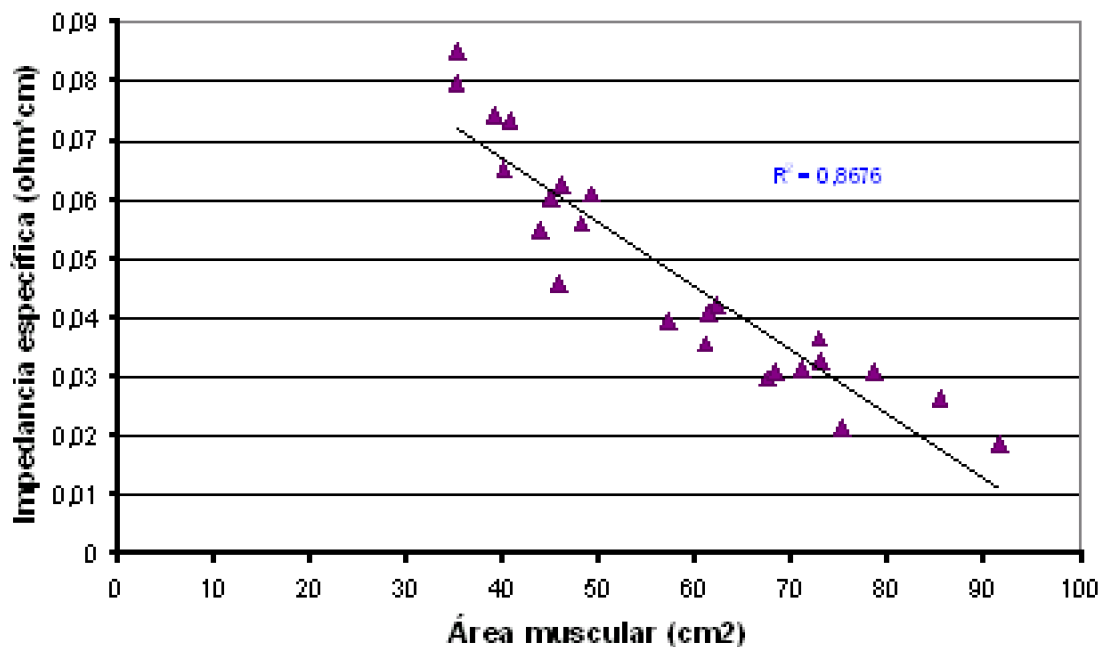


Gráfico N° 13: N=24, Correlación entre impedancia específica y Área muscular media del brazo contraído derecho, obtenidas en la segunda medición

Discusión

El objetivo de este estudio era determinar la eficiencia de un método de medición de la composición de un segmento, después de un período de entrenamiento, que fuera económico y de fácil y rápido uso, como lo es el método de bioimpedanciometría, al compararlo con un método (Antropometría) que requiere más técnica y destreza por parte del evaluador.

Los resultados obtenidos muestran que el método de bioimpedanciometría, en sus dos formas (impedancia específica e impedancia ajustada) es capaz de detectar cambios producidos por el ejercicio, ya que hay diferencias significativas entre el grupo control y los grupos experimentales (1 y 2) después de un período de entrenamiento. A pesar de existir una alta correlación entre la impedancia específica y el área muscular media, la impedancia específica discrimina mejor entre sedentarios y entrenados.

Utilizar sólo los perímetros (diferencia entre el brazo contraído y relajado) para detectar cambios en la composición de un segmento no es válido ya que no se observan diferencias significativas entre los grupos experimentales y el grupo control, ni en cada grupo a lo largo del tiempo, lo que si se observa con la impedancia específica, ajustada y área muscular media.

No se observa una disminución importante de los pliegues cutáneos, lo que hace pensar que no hubo una disminución de la masa grasa; La disminución significativa que obtuvo el grupo control en el pliegue bicipital entre las 8 y 11 semanas podría ser explicado por el suplemento proteico, el grupo 2 obtuvo la mayor disminución del mismo pliegue, siendo significativa a las 8 y 11 semanas y comparado con el grupo 1, pero no

entre las 8 y 11 semanas ni comparado con el grupo control, de lo que se deduce que, si bien es el grupo 2 significativamente obtuvo una mayor disminución que el grupo 1, esta disminución no es importante ya que no tiene diferencias significativas con la obtenida por el grupo control.

El grupo 2 obtuvo una disminución significativa en el pliegue tricípital a las 8 semanas, pero dicha disminución no es significativa comparada con el grupo 1 y control, sucediendo lo mismo que con el pliegue bicipital.

El cálculo del área muscular media revela un aumento de la masa muscular significativo en todos los grupos (1 y 2 y Control) a las 11 semanas de entrenamiento, pero sólo el grupo 2 muestra diferencias significativas al compararlo con el grupo control. Los grupos 1 y 2 presentan diferencias significativas entre las 8 y las 11 semanas, probablemente atribuible a la ingesta del suplemento proteico, lo mismo se puede atribuir para explicar el aumento que obtuvo el grupo control.

La impedancia ajustada revela un aumento significativo en ambos grupos experimentales y comparado con el grupo control a las 11 semanas, la impedancia específica muestra una disminución significativa en ambos grupos experimentales también a las 11 semanas, pero sólo el grupo 2 es diferente significativamente comparado con el grupo control.

Con respecto al efecto de la frecuencia de entrenamiento sobre la composición del brazo parte también de este estudio, el grupo 2, que tuvo una frecuencia de entrenamiento de tres veces por semana obtuvo los mayores aumentos en masa muscular, deducidos del cálculo de área muscular media, impedancia específica e impedancia ajustada, todos significativos respecto del grupo control y las mayores disminuciones en masa grasa, deducidos del pliegue bicipital, donde es diferente significativamente respecto del grupo control y del pliegue tricípital.

Los resultados son concordantes con los obtenidos en otros estudios con respecto al efecto del entrenamiento con pesas (Luengo, 2002 op cit).

Es interesante observar que sólo el cálculo del área muscular media muestra un aumento significativo de la masa muscular en el grupo control, no así el cálculo de la impedancia ajustada ni el de la impedancia específica.

Conclusión

De los resultados de este estudio se puede concluir que el método de Bioimpedanciometría es capaz de detectar cambios en la composición de un segmento, producidos por un entrenamiento con pesas.

Respecto del efecto de la frecuencia del entrenamiento con pesas sobre la composición de un segmento, si bien no existen diferencias significativas entre el grupo que realizó ejercicio una vez por semana (Grupo 1) y el que lo hizo tres veces por semana (Grupo 2), sólo el grupo 2 obtuvo un aumento significativo de la masa muscular en todos los parámetros de medición (área muscular media, impedancia ajustada e impedancia específica), por lo que se puede concluir que el efecto del ejercicio realizado tres veces por semana es mayor que el producido por el de una.

De los resultados obtenidos de la medición de pliegues se puede concluir que si bien la disminución de la masa grasa no es importante después realizar ejercicios con pesas, existe una disminución mayor en el grupo 2 que en el grupo 1 o Control.

La tres hipótesis planteadas en este trabajo (H1, H2 y H3) se aceptan, rechazando las hipótesis nulas (H0). (apéndice figura N °6)

Proyecciones

El presente trabajo tiene relevancia en el ámbito kinésico, pues aporta datos sobre la evaluación del efecto del entrenamiento con pesas sobre la composición de un segmento que puede ser usado: en deportistas, personas con obesidad y pacientes con debilidad de un músculo de un segmento en especial y que se desee evaluar su trofismo, como parte de la evaluación kinésica y también como parte del tratamiento, ya que entrega datos sobre el efecto de la frecuencia semanal de entrenamiento con pesas.

Bibliografía

Mc Ardle, F. Katch, V. Katch. Exercise Physiology “Energy, nutrition and human performance”. Cuarta edición. Editorial Williams & Willkins. 439, 542-543, 555-559, 561, 1996.

Ortiz Cervera “Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición”, segunda edición. Editorial INDE. 25,70, 1999.

Tous Fajardo j. “Nuevas tendencias en fuerza y musculación”, primera edición Editorial Ergo. 35, 43, 83, 1999.

Revistas

Allerheiligen, B., Edgerton, R., Hayman, B., Kuc, J., Lambert, M. MacDougall, J.D., O'bryant, H., Pedemonte, J., Sale, D., Tesch, P., Vermeil, A., Wayne, L. “Determining factors of strength training”. NSCA Journal. 15, (1): 9-22. 1993

Cerda L., Mansilla E., Martinez X., Díaz E., Jaimovich E. “Specific impedance a new method for evaluation of body composition”. High Altitude Medicine & Biology. 234 (1): 2000.

Donnelly JE, Sharp T, Houmard J, Carlson MG, Hill JO, Whatley JE, Israel RG. “Muscle hypertrophy with large-scale weight loss and resistance training”. *Am J Clin Nutr.* 58 (4): 561-5, 1993.

Deurenberg P., Deurenberg-Yap, Schouten FJM. “Validity of total and segmental impedance measurements for prediction of body composition across ethnic population groups”. *European journal of Clinical Nutrition* 56 (3): 214-220, 2002.

Friedl Karl E, Westphal Kathleen, Marchitelli A Louis J, Patton John F, Cameron K Chumlea, Guo Shumei S. “ Evaluation of anthropometric equations to assess body-composition changes in young women”. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (2): 268-275, 2001.

Higbie Elizabeth J., Cureton Kirk J., Warren Gordon L., Prior Barry M. “Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation”. *J Appl Physiol.* 81 (5): 2173-2181, 1996.

Hortobágyi, Tibor, Joseph Houmard, David Fraser, Ronald Dudek, Jean Lambert, and James Tracy. “Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise”. *J Appl Physiol* 84 (2): 492-498, 1998.

Katch Frank I, Hortobagyi Tibor. “Validity of surface anthropometry to estimate upper-arm muscularity, including changes with body mass loss”. *Am. J. Clin Nutr.* 52 (4): 591-5, 1990.

Kraemer, W.J. “Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women”. *J. Appl. Physiol.* 75 (2): 594-604, 1993 .

Lemon PW, Dolny DG, Yarasheski KE. “Moderate physical activity can increase dietary protein needs”. *Can J Appl Physiol.* 22 (5): 494-503, 1997.

Lukaski H. C, Bolonchuk, Siders W A, Hall CB. “Body composition assesment of atheletes using bioelectrical impedance measurements”. *J Sports Med Phys Fitness*, 30 (4): 434-40, 1990.

Luengo Maritza. “Efectos del entrenamiento con sobrecarga a intensidades del 50 y 75% de la fuerza dinámica máxima, sobre la fuerza muscular y la composición corporal, en estudiantes universitarios”. Tesis para el grado de magíster en Ciencias de la Educación, 2003.

McCall G. E., Byrnes W. C, Dickinson A., Pattany P. M., Fleck S. J. “Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men, after resistance training”. *J appl physiol.* 81 (5): 2004-2012, 1996.

Moritani, T., and H. A. deVries. “Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain”. *Am. J. Phys. Med.* 58 (3): 115-130, 1979.

Newton Robert U., Häkkinen K, Häkkinen A, Mc Cormick M, Volek J., Kraemer W j. “Mixed methods resistance training increases power and strength of young and older men”. *Med and Sci Sports Exercise.* 34 (8): 1367-1375, 2002.

O’hagan FT, Sale DG, MacDougall JD, Garner SH. “Comparative effectiveness of accomodating and weight resistance training modes”. *Med.Sci Sports Exerc;* 27 (8): 1210-9, 1995.

Pietrobelli A, Nunez C, Zingaretti G, Battistini N, Morini P, Wang ZM, Yasumura S,

Heymsfield Sb., Eur J Clin Nutr. "Assessment by bioimpedance of forearm cell mass: a new approach to calibration";56 (8): 723-8 2002.

Roth Stephen M., Martel Gregory F., Ivey Frederick M., Lemmer Jeffrey T., Tracy Brian L., Hurlbut Diane E., Metter E. Jeffrey, Hurley Ben F., Rogers Marc A.

"Ultrastructural muscle damage in young vs. older men after high-volume, heavy-resistance strength training". J Appl Physiol 86 (6): 1833-1840, 1999.

Sale Digby G. "Neural adaptation to resistance training. Med and Sci Sports Exercise". 20 (5): S135-144, 1988.

Sale DG, Jacobs I, MacDougall JD, Garner S. "Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training". Med Sci Sports Exerc. Jun; 22 (3): 348-56, 1990.

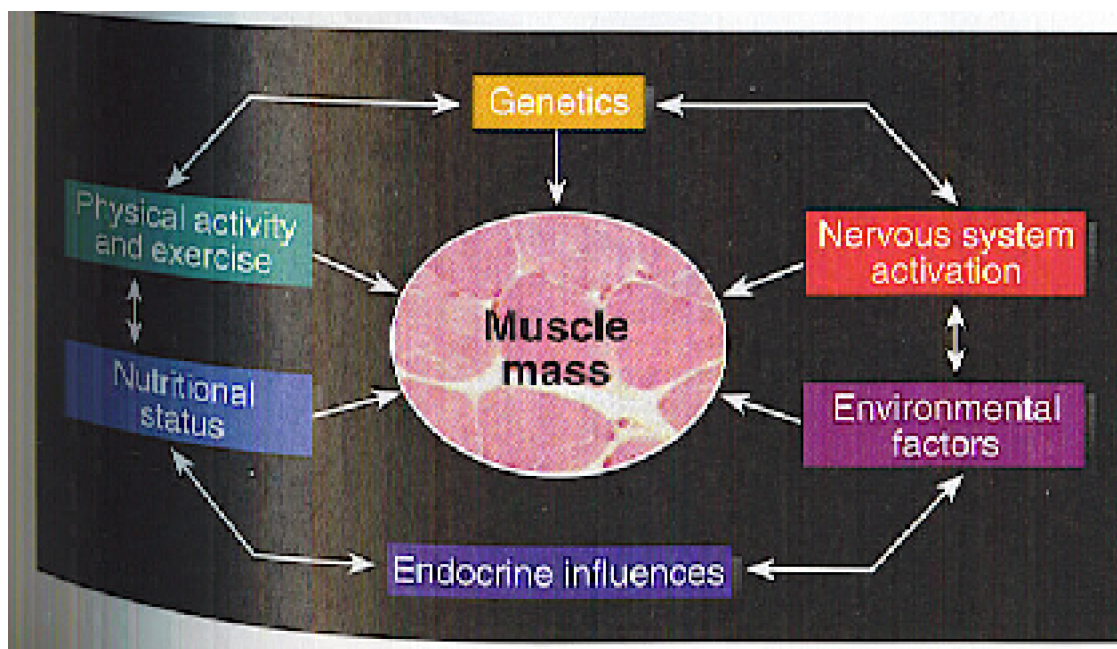
Segal Karen R. "Use of Bioelectrical impedance análisis measurements as an evaluation for participating in sports". Am J Clin. Nutr, 57 (suppl): 469s-71s, 1996.

Tarnopolsky M. A, Atkinson S.A, MacDougall j. D, Chesley A., Phillips S., Schwarcz H. P. Evaluación de los requerimientos de proteínas para deportistas de fuerza entrenados. Journal of Applied Physiology. 73 (5): 1986-1995, 1992.

Otros

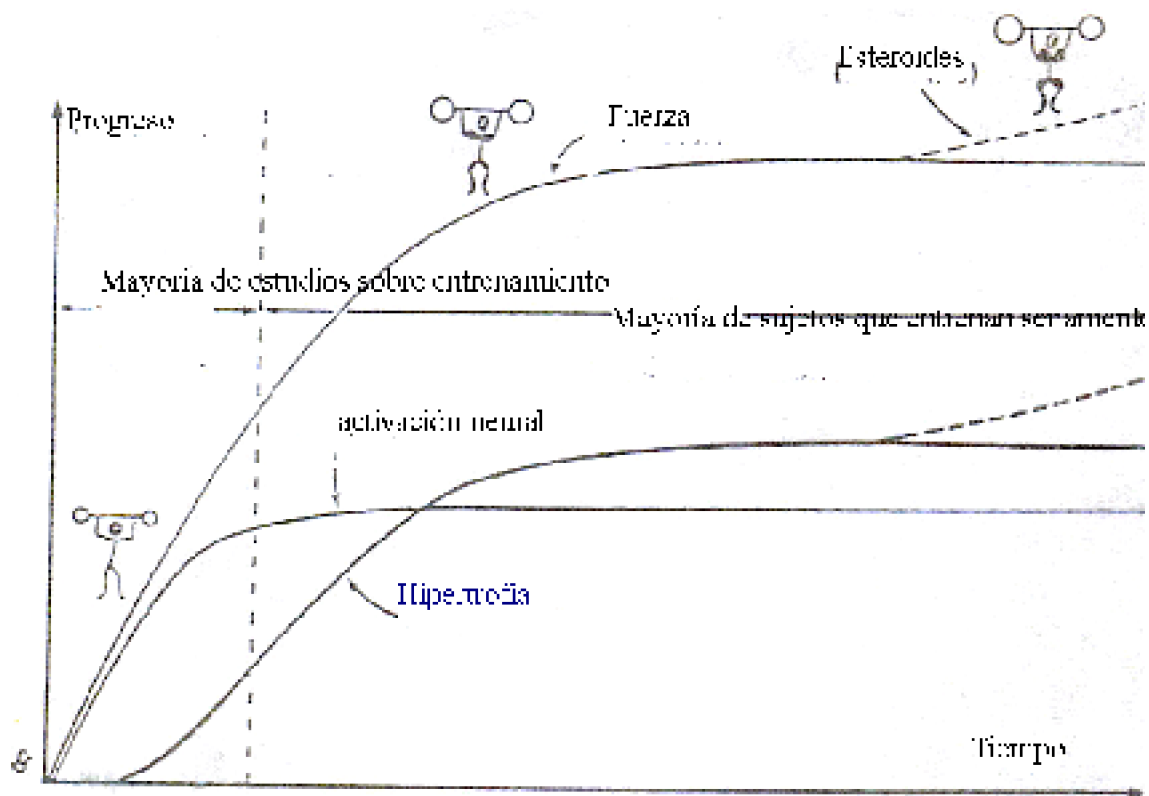
Jaimovich E., Latorre R. "Curso de Fisiología del Ejercicio". Programa de fisiología, ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, 2002.

Anexos



N °1a: Influencia de las distintas variables que afectan la masa muscular: actividad física y ejercicio, la genética, la activación por parte del sistema nervioso, factores medioambientales, endocrinos y nutricionales.

“Comparación entre dos métodos de medición de cambios de composición inducidos por el ejercicio con pesas en un segmento corporal, en estudiantes universitarios”



N° 2 b gráfico que muestra los tipos de estudios sobre entrenamiento que se realizaban hasta 1988



N°3 c Pliegue Tricipital medido con el calíper

Apéndice

N°1 «Acta de aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Chile»

N °2 “ Esquema general que resume el protocolo de la investigación en semanas”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
M1								M2				M3
	F	F										
		RM										
			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
				AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC		
									SP	SP	SP	

M1 : Primera medición Composición del brazo (previo a tratamiento).

M2 : Segunda medición Composición del brazo (a las 8 semanas de tratamiento)

M3 : Tercera medición Composición del brazo (finalizado el tratamiento)

F :Familiarización con los ejercicios


T :Tratamiento

RM :Evaluación de 1RM.

AC :Aumento de las cargas de trabajo

SP : Suplementación con proteína.

N °3 “Ejercicios usados en la investigación”

Posición inicial del tríceps francés	Posición final del tríceps francés
	

Posición inicial tríceps barra a la frente



Posición final tríceps barra a la frente



Posición final tríceps polea



Posición inicial tríceps polea.



Posición final bíceps barra



Posición inicial bíceps barra



Posición inicial bíceps banco scott



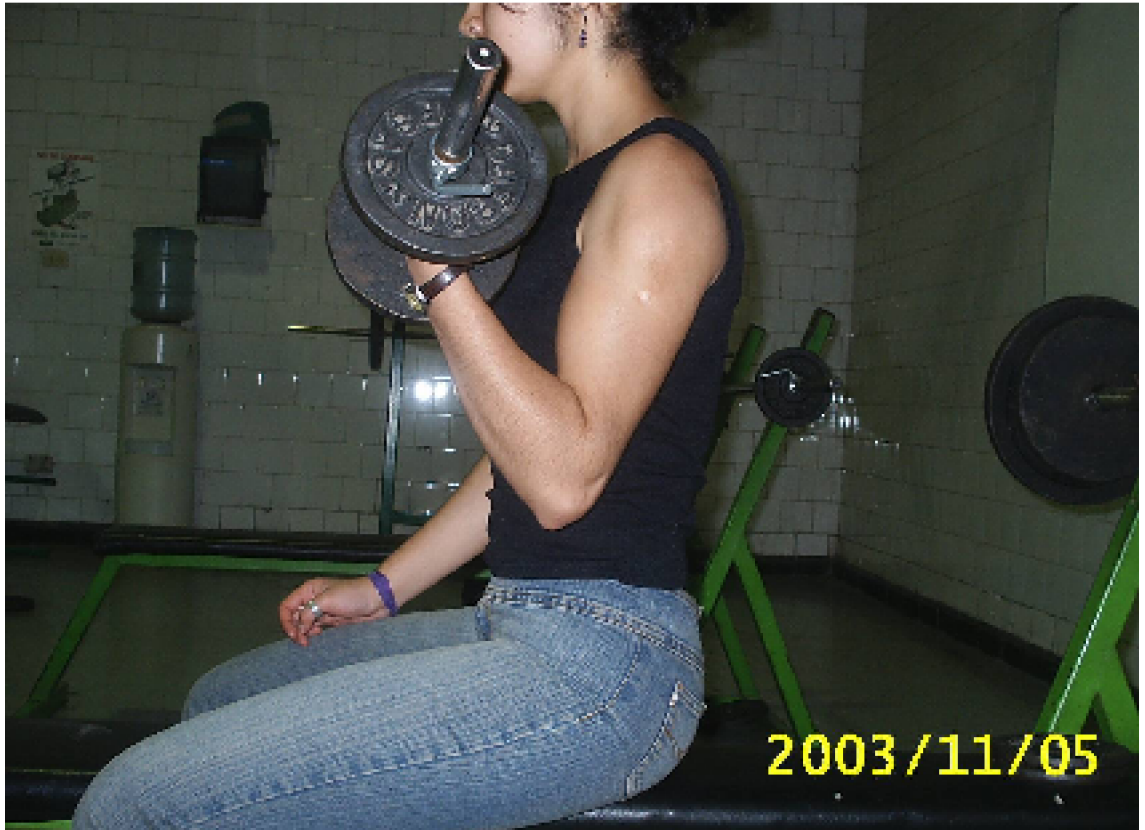
Posición final bíceps banco scott



Posición inicial bíceps manuerna alternado



Posición final bíceps mancuerna alternado



“N ° 4 Suplementación con proteína”

Proteína de suero lácteo (optimun nutrition) utilizada en este estudio



Leche descremada svelty utilizada en este estudio



“N ° 5 Mediciones”

Medición del pliegue tricipital



Medición de bioimpedanciometría



Impedanciómetro



N °6 “diferencia entre las 8 y 11 semanas de entrenamiento en un individuo del grupo 2”

Brazo relajado a las 9 semanas de entrenamiento



Brazo contraído a las 9 semanas de entrenamiento



Brazo contraído a las 9 semanas de entrenamiento



Brazo relajado a las 11 semanas de entrenamiento



Brazo contraído a las 11 semanas de entrenamiento

